第二章 設施種類與結構模式

陳 加 忠

本省地處亞熱帶與熱帶，四面環海，氣溫、濕度均高，雨量十分充沛，此自然條件原本適合多種作物之成長，然而由於海洋季風盛行，氣候變化大，對作物生長存有不利之影響。例如冬季有寒流來襲，夏季常見雷雨，颱風之侵害，春季梅雨往往冗長。而在北部之冬季又具有多雨之特性。此種具危害性的氣候逆境容易造成作物產量與品質不穩定。早期國內之園藝與特作作物因屬小農經營制，資金不足，土地利用較粗放，對於溫室等設施栽培方式並不普及，僅在菇類之生產方面具有一定之面積。近年來，國民所得增加，消費者對於農產品品質之要求提高，產期調節栽培也逐漸為農民所重視。為穩定產量，提高品質與調節產期，利用設施進行作物栽培已逐漸成為農業企業化經營之利用方式，因此設施生產已成為本省高價值作物生產之重點方向。此外由於經濟型態之改變，農村勞力逐漸減少，為減低作業成本與維持足夠之勞動能力，農業機械化，省力化與自動化成為國家經濟發展必須具備的條件，因此設施生產自動化亦成為重要之發展目標。

農業生產之方式在於利用光合作用直接或間接提供人類所需之糧食與生活原料。由於農業受到自然環境之限制，單位面積生產能力無法完全發揮。設施栽培之目的在於以人為方式建造作物生長的空間，使作物消極不受外界風雨之影響，在積極方面，利用光線、溫度、濕度調節方式提供作物最適合之生長空間，進而得到提高產量，穩定良好生產品質之效果。

設施栽培之作業方式係於有限空間內進行精密性之栽培作業，傳統上屬於勞力密集之農業活動。其投資成本更超過傳統露地栽培，因此經營管理更為重要。以歐洲設施栽培之研究為例，在1987年以前之重點在於節省設施栽培所需能源，1987年以後則致力於節省勞力，未來研究方向則著重於利用人工智慧之知識工程應用，以對設施生產進行合理化規畫利用。

設施栽培因其結構，環控方式，內部作業系統及栽培作物等有不同之型式，因此無法以單一結構之設計以適應所需求。

相關之作業項目大致歸類如下：

一、設施結構：

所處之位置(緯度)、方位、形狀(長、寬、高、屋頂斜率)、連棟時之間距、棟數、建築材料、被覆材料(光學與熱學物性)、設施之密閉性。

二、環控設備：

1. 機械及裝置：內外遮蔭網、天窗、側窗、兩側捲起等機械裝置、噴霧裝置、風扇及水邦浦等。
2. 控制裝置：開閉式，數位式開關，類比及數位控制器等。
3. 決策與控制軟體：依據感測訊號進行決策判斷，指揮控制設備的作業方式。

三、內部作業設備：包括介質處理，種苗生產與移植，病蟲害防治作業，灌溉施肥作業，內部搬運作業，空間佈置利用，廢棄物處理。

國內設施栽培早期僅有水稻育苗，菇類冬日栽培等少數產業採用，為提昇作物之品質與穩定生產量，自民國74年以來，"設施園藝"開始成為研究主題。自82年起，花卉栽培自動化成為農業生產自動化之重大主題。而溫室廠商開始自行開發。相關之環控系統早期由學校與台糖公司自荷蘭引進，但由於國內氣候高溫高濕之特性，荷蘭型精密溫室並不能適用。國內廠商自行開發之控制系統仍以傳統之機電控制方式，缺乏以環境模式為基礎之控制策略，適用亞熱帶地區之各型設施與環控設備已由國內研究單位近年內完成自行開發。

未來之農業發展將以生產高品質之農產品為主，設施為生產時所必需具有之設備，在生產作業中必須有效解決設施內環境控制，內部作業所需密集勞力與資源有效利用以獲得最高收益等問題。適用溫帶地區之密閉型溫室因其結構特性並不能完全適用於國內亞熱帶氣候。國內所用之農業設施作業系統有自行研究開發之必要。此種科技產品不僅只適用台灣，對亞熱帶與熱帶地區之農用設施更有龐大之市場，此外，園藝設施所用之感測與控制系統在畜產方面亦可適用，因此可擴大其應用範圍。

溫室之字義就其英文原義(greenhouse)而言，是利用人為方式維持環境內之溫度(即加溫)，使作物得以不受外界寒冷天候影響而得以成長之設施結構，其作業對象原來以花卉、水果為主。目前歐美學術界較常用之名詞是〝保護下成長的農業〞(protected culture)。日本農業界所使用的名詞為〝設施農業〞(culture under cover)。日本溫室工程學者將設施(culture under cover)依其結構之複雜性程度分類如下：(1) 地面直接覆蓋(mulch)，(2) 浮動式覆蓋(floating mulch)，(3) 小型隧道式設施(small tunnel)，(4) 遮雨棚(rain shelter)，(5) 溫室(greenhouse)，前三者結構為操作者無法進入，後兩者耕作者可以進入其內部進行作業。這五種設施結構在本省農業栽培均已應用。

台灣常見的設施型態有直接覆蓋(mulch)，浮動式覆蓋(floating mulch)，隧道式栽培(tunnel)，遮蔭網(shading net)，遮雨棚(rain shelter)，網室(net room)，溫網室(net－plastilhouse)與溫室(greenhouse)等。其對微氣候之影響因被覆材料，設施結構與外界大氣環境而不同。

溫帶與寒帶地區之農業問題在於平均氣溫低，日照不足，因此其設施以密閉且容易加熱為主，保溫效果與採光能力是其設計之主要考慮條件。熱帶地區之農業問題在於高日射量與暴雨，因此其設施以開放型為主，抵抗暴雨是其設計之主要考慮條件，結構強度為最重要之設計因子。

國內之氣候十分複雜，夏季有強日照、暴雨、颱風，冬季有寒流，春秋季因地區有漫長雨季，因此設施之要求條件更為複雜，設施之利用亦分季節性與經年性。經年性之設施係針對多年生之作物。

設施環控即針對作物之需要加以實施，以調節其內部微氣候，環控設備愈完備，設施微氣候之控制即愈精確，但其設備成本為之增加，因此必須在設備運用效率與使用作業成本間求一平衡點。不適當的農業設施，不但不能提高作物生產產值，反而衍生其他問題。

而其考慮因素應針對

㈠經濟投資成本及回收。

㈡作物栽培種類及品種。

㈢季節性變化。

㈣地區性微氣候變化。

㈤土地之經濟利用考量。

㈥土壤質地。

㈦所使設施資材種類。

㈧作物生育期須克服逆境之目標。

㈨作物栽培地區之地理氣候型態。

㈩自然環境因子因地區原因特有強風、高低溫之考量。

國內常使用之農業設施與其定義說明如下：

㈠直接覆蓋：進行此種設施栽培時，覆蓋材料直接鋪置地面，其上打洞以種植作物，因覆蓋作用可調節根部微氣候，除露地栽培，亦利用於溫室之內。除可保溫之外，亦有防治雜草之效果。

㈡浮動式覆蓋：覆蓋材料直接放置於作物之上，材料本身有良好透氣性以避免水氣累積，覆蓋材料不具結構以固定。除調節微氣候，更可保護作物抵抗風雨侵襲，其環控作業以覆蓋材料之開閉爲主。

㈢隧道式栽培：利用隧道型結構，在其上覆蓋塑膠布或不織布等材料，以構成作物生長之空間。由於此類設施其機動性良好，可因季節不同而施用，環控作業以結構之通風改良爲主。

㈣遮蔭網：利用遮蔭網之透光性以調節作物接受日照量，其溫、濕度則與大氣相同，利用遮蔭網之收放可進行日照量作業。

㈤遮雨棚：利用簡單之結構而以覆蓋物形成屋頂以保護內部作物不受外界風、雨損害。其主要問題在於夏季之熱累積而影響作物成長，通常利用屋頂開啓之方式造成自然通風以進行環控。

㈥網室：利用紗網圍覆結構以隔絕外界有害蟲類等動物進入內部作物之生長空間，爲求有效隔絕外界昆蟲進入，網目必須細小，因此造成熱累積之問題。

㈦溫網室：利用類似遮雨棚之結構，四周開放空間均圍繞細目網以防蟲，形成具有透明屋頂之網室結構，其熱累積問題比網室嚴重，但可抵抗大雨之損害。可利用屋頂開啓方式進行自然通風。

㈧溫室：

溫室爲設施栽培所使用最複雜之結構，其定義條件：

(1)利用透光的覆蓋材。

(2)具有屋頂與周壁。

(3)人可在其內部作業。

溫室因其適用地區而有不同的結構，主要的結構如下：

(1)溫帶，寒帶地區：因氣候寒冷，日照不足，其溫室之結構係以密閉型、保溫爲主，在內部具有加熱設備，利用人工補光，配合適當通風作業。

(2)乾燥地區：因日夜溫差大，且高溫低濕，因此必須利用蒸發冷卻方式以進行環控調節，並需配合加溫作業，其溫室結構以密閉型爲主。

(3)亞熱帶地區：夏季高溫高濕，冬季氣溫較低，因此溫室結構以開放高架爲主，並需配合適當的保溫加溫設備。地中海沿岸國家亦適合此型結構。

溫室之分類有多種方式，以材料區分，可分類爲1.玻璃溫室，2.塑膠布溫室。以屋頂形狀可區分爲山型，圓弧型與單面型溫室，以棟數可區分爲單棟，雙棟與連棟型溫室，以加溫設備區分爲有加溫與不加溫溫室，玻璃溫室又可區分爲 Venlo 型，Wide－Span 型，與Wide－span改良型。

以對不同氣候之適用性而言，溫室之分類應以其結構區分：(1)適用溫帶與沙漠地區之密閉型溫室，(2)適用國內環境以開放爲主並兼能密閉之開放型溫室。

由於使用溫室之目的在於利用人爲的設施以克服不良之外在環境，而溫室之應用亦衍生新的問題，由於作物生產環境的不同，不同氣候下所應用的溫室亦有其特殊之問題，這些問題必須以環控技術加以克服。因此溫室生產必須能應用環控技術。

對國內之設施結構而言，其對環境之影響應能適應本省之農業氣象問題，而由於本省農業氣象之環境十分複雜，主要問題有：a. 夏季, 強日射能, b. 暴雨, c. 強風（颱風）, d. 長雨季（梅雨）, e. 寒流，因此本省終年生產所應用之溫室或設施必須爲開放型而也能密閉作業，具有遮蔭，防雨，防風，通風，保溫等功能。由此確定適用本省溫室之環控發展重點爲1. 能避免熱累積，2. 能避免強日照，3. 能避免病蟲害傳播，4. 滿足急速加溫需求。相對於國外溫室的非重點部份則是1. CO_2 濃度問題，2. 夜間加溫問題，3. 結露問題。

溫室與設施的合理化利用必須在作業能力與作業成本之間取得平衡點，以追求最大利潤爲目標。設施內部環境之影響主要因子如下：

(1)大氣環境：日照量、溫度、相對濕度、風向、風速等。

(2)設施結構與覆蓋材料：方位、屋頂開啓性、連棟數、材料熱、光學物性等。

(3)環控設備：風扇、遮蔭網、水牆等。

環控設備愈多，環控系統作業愈精密，所能控制之環境項目愈多，但其成本愈高，而且所能控制之環境限度又受設施所在地點的外在氣候環境所制：因此適時適地的觀念仍不可忽視。

對經營規畫而言，資材的合理化應用才是成功的關鍵，例如以觀賞作物之生產而言，種苗之育苗溫室可採用結構強度高，控制設備完善，具自動化控制系統，使短期之育苗作業品質穩定。而需要長時間栽培的成苗，則可放置於通風良好的遮雨棚內。並非全部生產流程都

必需在昂貴的溫室內完成，依據作物的生長環境需求選用適當的設施，此爲設施生產成功的關鍵。